

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Pembebanan Struktur

Perencanaan suatu struktur bangunan harus mengikuti peraturan-peraturan pembebanan yang berlaku. Hal ini dimaksudkan supaya mendapatkan struktur bangunan yang aman secara konstruksi. Berdasarkan Peraturan Pembebanan Untuk Gedung 1983 pasal 1 halaman 7, dicantumkan bahwa pembebanan pada komponen struktur yang harus diperhatikan.

1. Beban mati ialah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap termasuk segala unsur tambahan penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu.
2. Beban hidup ialah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan ke dalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masih hidup dari gedung itu sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut.
3. Beban angin ialah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara.
4. Beban gempa ialah semua beban *statik ekuivalen* yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. Dalam hal gempa pengaruh pada struktur gedung ditentukan berdasarkan

suatu analisa dinamik, maka yang diartikan beban gempa di sini adalah gaya-gaya di dalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa itu.

5. Beban khusus ialah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang terjadi akibat selisih suhu, pengangkatan dan pemasangan, penurunan fondasi, susut, gaya-gaya tambahan yang berasal dari beban hidup seperti gaya rem yang berasal dari kran gaya sentrifugal dan gaya dinamis yang berasal dari mesin-mesin, serta pengaruh-pengaruh khusus lainnya.

## **2.2. Perencanaan Terhadap Gempa**

Suatu struktur gedung direncanakan terhadap pengaruh gempa rencana dengan maksud akibat pengaruh gempa rencana, seluruh gedung secara keseluruhan harus masih berdiri walaupun sudah berada dalam kondisi diambang keruntuhan. Pengaruh gempa rencana terhadap struktur harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan  $I$  menurut persamaan:

$$I = I_1 \cdot I_2 \dots\dots\dots(2-1)$$

Faktor-faktor keutamaan ditetapkan menurut tabel 1 SNI 03-1726-2002.

Ketentuan umum disain gempa mempertimbangkan wilayah gempa, jenis tanah setempat, kategori gedung, konfigurasi, sistem struktur, dan tinggi bangunan. Dalam SNI 03-1726-2002, A.4.2 struktur gedung ada 2 macam yaitu struktur gedung beraturan dan tidak beraturan, dikatakan struktur beraturan jika memenuhi ketentuan pasal 4.2.1, akan tetapi jika tidak memenuhi kriteria pasal tersebut kita menghadapi struktur tidak beraturan. Wilayah gempa dicirikan oleh

nilai Percepatan Puncak Efektif Batuan Dasar (PPEBD) di masing-masing wilayah, dan dinyatakan dalam fraksi dari konstanta gravitasi ( $g$ ). SNI 03-1726-2002 membagi Indonesia menjadi 6 wilayah gempa. WG I merupakan wilayah gempa paling rendah dengan PPEBD = 0,03g dan WG 6 menyanggah wilayah gempa tertinggi dengan PPEBD 0,30g. PPEBD dipakai sebagai penentu hubungan Resiko Gempa (RG) dan Wilayah Gempa (WG) untuk SNI 2847 (Purwono, 2005). Berdasarkan pembagian tersebut RG menjadi 3 yaitu; *low*, *moderat* dan *high*. Hal lain yang mempengaruhi kriteria pemilihan desain adalah jenis tanah yang terbagi menjadi 4 yaitu tanah keras, sedang, lunak dan tanah khusus. Tanah khusus ini dijelaskan pada SNI 03-1726-2002 pasal 4.6.4. Konfigurasi gedung akan sangat mempengaruhi kinerja gedung sewaktu kena gempa rencana, karena itu struktur gedung dibedakan dua golongan yaitu yang beraturan dan yang tidak berdasar konfigurasi denah dan tinggi gedung.

SNI 03-1726-2002 menjelaskan sistem struktur utama.

1. Sistem Dinding Penumpu yaitu suatu sistem struktur yang tidak memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Dinding penumpu atau sistem *bresing* memikul hampir semua beban gravitasi. Beban lateral dipikul dinding geser atau rangka *bresing*.
2. Sistem Rangka Gedung, yaitu suatu sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul dinding geser atau rangka *bresing*. Menurut tabel 3 SNI 03-1726-2002 tercantum 3 jenis SRPM yaitu SRPMB (B=biasa), SRPMM (M=Menengah),

SRPMK (K=Khusus). SRPMB untuk WG 1 dan 2 karena tidak memerlukan pendetailan khusus, SRPMM masih relevan untuk dipakai di WG 3 dan 4, tetapi menurut *footnote* Tabel 16-N UBC (Purwono, 2005) SRPMM tidak boleh dipakai untuk di zona 3 dan 4 yang identik dengan WG 5 dan 6, sedangkan SRPMK harus dipakai untuk wilayah 5 dan 6.

3. Sistem Rangka Pemikul Momen SRPM, yaitu sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur.
4. Sistem Ganda (Dual Sistem) yaitu suatu tipe sistem struktur yang memiliki tiga ciri dasar. Pertama rangka ruang lengkap berupa sistem rangka pemikul yang penting berfungsi memikul seluruh beban gravitasi. Kedua pemikul beban lateral dilakukan oleh dinding struktur atau rangka *bresing* sistem rangka pemikul momen. Rangka pemikul momen harus direncanakan secara terpisah mampu memikul sekurang-kurangnya 25% dari seluruh beban lateral. Ketiga, kedua sistem harus direncanakan untuk memikul secara bersama-sama seluruh beban dasar geser nominal  $V$  dengan memperhatikan interaksi atau sistem ganda.
5. Sistem struktur kolom *kantilever* yaitu sistem struktur yang memanfaatkan *kantilever* untuk memikul beban lateral.
6. Sistem interaksi dinding geser dengan rangka.
7. Subsistem tunggal, yaitu subsistem struktur bidang yang membentuk struktur gedung secara keseluruhan.

Wilayah gempa yang berbeda-beda menentukan pentingnya daktilitas. Daktilitas sebagaimana didefinisikan dalam SNI 03-1726-2002 adalah kemampuan suatu struktur gedung untuk mengalami simpangan *pasca-elastik* yang besar secara berulang kali dan bolak-balik akibat beban gempa yang menyebabkan terjadinya pelepasan pertama, sambil mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup, sehingga struktur gedung tersebut tetap berdiri walaupun sudah berada dalam kondisi diambang keruntuhan. Parameter daktilitas adalah faktor daktilitas struktur gedung  $\mu$  dan faktor reduksi  $R$  yang tercantum dalam tabel 2, SNI 03-1726-2002. sebagaimana tertulis dalam tabel 2.1

Tabel 2.1. Parameter Daktilitas Struktur Gedung  
(Sumber, SNI-03-1726-2002)

Taraf kinerja struktur gedung	$\mu$	$R$
Elastik penuh	1,0	1,6
Daktilitas parsial	1,5	2,4
	2,0	3,2
	2,5	4,0
	3,0	4,8
	3,5	5,6
	4,0	6,4
	4,5	7,2
	5,0	8,0
Daktilitas penuh	5,3	8,5

### 2.3. Rencana Rangka Atap Baja

Prosedur desain dapat dianggap terdiri dari dua bagian yaitu desain fungsional dan desain kerangka kerja struktural. Fungsi struktur merupakan faktor utama dalam penentuan konfigurasi struktur. Struktur dapat dibagi menjadi tiga kategori umum yaitu:

1. struktur rangka (*framed structure*), dimana elemen-elemennya kemungkinan terdiri dari batang-batang tarik, balok, dan batang-batang yang mendapatkan beban lentur kombinasi dan beban aksial,
2. struktur tipe cangkang (*shell-type structure*) dimana tegangan aksial lebih dominan,
3. struktur tipe suspensi (*suspension-type structure*) dimana tarikan aksial lebih mendominasi sistem pendukung utamanya.

Dalam pemakaian suatu rangka baja batang baja berdasar reaksi pembebanan ada batang tarik dan batang tekan. Batang tarik pada umumnya berwujud penahan tarik pada kerangka, silangan diagonal (*diagonal bracing*) pada berbagai tipe struktur, batang tersebut menjadi batang struktur utama pada rangka atap. Batang tekan merupakan fungsi bentuk penampang melintangnya (*radius girasi*), pada umumnya luas penampangnya disebarakan sepraktis mungkin. Pada perencanaan pada umumnya menghendaki baja yang dapat mempertinggi tegangan (*strenght*) dari pada menambah ukuran badan. Prosedur perencanaan selalu didasarkan atas *ultimate strength behaviour* yang membutuhkan kesatuan daktilitas yang besar terutama untuk memperbaiki tegangan-tegangan dekat lubang atau dekat perubahan yang mendadak pada bentuk batang misalnya untuk perencanaan sambungan. Rangka atap yang berupa kuda-kuda sedapat mungkin diletakkan di atas kolom. Bila kuda-kuda harus diletakkan di atas *ring balk*, maka *ring balk* harus di rancang untuk memikul reaksi kuda kuda. Jarak miring antar gording tidak boleh terlalu besar ( $\leq 2$  m) agar bentang usuk tidak terlalu besar. Gording diletakkan pada *joint* dari kuda-kuda sehingga batang kuda-kuda hanya

diperhitungkan untuk memikul gaya aksial (tidak ada momen lentur pada batang kuda-kuda). Sagrod berfungsi untuk mengurangi defleksi gording ke arah samping. Ikatan angin penghubung antar kuda-kuda supaya kuda-kuda berdiri dengan kokoh.

#### 2.4. Pelat

Pelat adalah komponen struktur yang merupakan sebuah bidang datar yang lebar dengan permukaan atas dan bawahnya sejajar (Dipohusodo, 1996). Pelat lantai sangat dipengaruhi oleh momen lentur dan gaya geser yang terjadi. Sisi tarik pada pelat terlentur ditahan oleh tulangan baja, sedangkan gaya geser pada pelat lantai ditahan oleh beton yang menyusun pelat lantai itu sendiri. Lentur pada pelat lantai dapat dibedakan menjadi dua yaitu lentur satu arah, jika perbandingan bentang panjang dan bentang pendek  $\geq 2$ , serta lentur dua arah, jika perbandingan bentang panjang dan bentang pendek  $\leq 2$ .

#### 2.5. Balok

Balok adalah komponen struktur yang bertugas meneruskan beban yang disangga sendiri maupun dari pelat kepada kolom penyangga. Balok menahan beban hal ini mengakibatkan terjadinya lenturan (Dipohusodo, 1994). Lentur pada balok merupakan akibat dari adanya regangan yang timbul karena adanya beban luar (dapat berupa gravitasi, angin, beban susut, beban akibat perubahan temperatur). Bila bebannya semakin bertambah maka pada akhirnya dapat terjadi keruntuhan elemen struktur yaitu pada saat beban luarnya mencapai kapasitas

elemen. Taraf pembebanan demikian disebut keadaan limit dari keruntuhan pada lentur (Nawy 1990).

Asumsi-asumsi yang digunakan dalam menetapkan perilaku penampang adalah sebagai berikut:

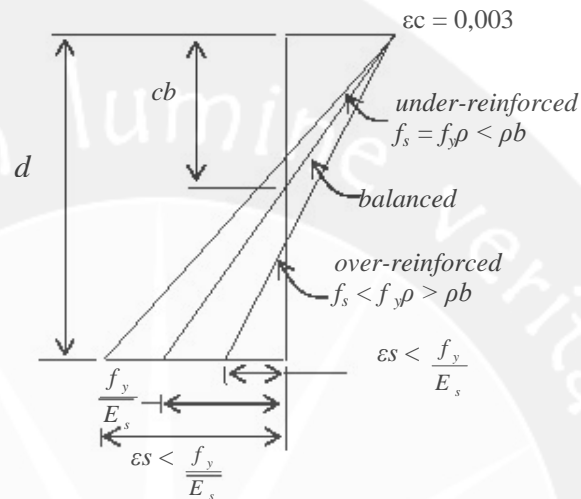
1. distribusi regangan dianggap linier. Asumsi ini berdasarkan hipotesis Bernoulli yaitu penampang yang datar sebelum mengalami lentur akan tetap datar dan tegak lurus terhadap sumbu netral setelah mengalami lentur,
2. regangan pada baja dan beton di sekitarnya sama sebelum terjadi retak pada beton atau leleh pada baja,
3. beton lemah terhadap tarik. Beton akan retak pada taraf pembebanan kecil, yaitu sekitar 10 % dari kekuatan tekannya. Akibatnya bagian beton yang mengalami tarik pada penampang diabaikan dalam perhitungan analisis dan desain juga tulangan tarik yang ada dianggap memikul gaya tarik tersebut.

Berdasarkan jenis keruntuhan yang dialami balok dapat dibagi menjadi 3 kelompok yaitu:

1. penampang *balanced*. Tulangan tarik mulai leleh tepat pada saat beton mencapai regangan batasnya dan akan hancur karena tekan,
2. penampang *over-reinforced*. Keruntuhan ditandai dengan hancurnya beton yang tertekan. Kondisi ini terjadi apabila tulangan yang digunakan lebih banyak daripada yang diperlukan dalam keadaan *balanced*,
3. penampang *under-reinforced*. Keruntuhan ditandai dengan terjadinya leleh pada tulangan baja. Kondisi penampang yang demikian dapat terjadi apabila tulangan tarik yang dipakai pada balok kurang dari yang diperlukan untuk



kondisi *balance* (Nawy, 1990).



Gambar 2.1. Distribusi Regangan Penampang Balok  
(Sumber, Nawy, 1990)

## 2.6. Kolom

Kolom merupakan elemen tekan dari suatu struktur portal yang mendukung balok-balok lantai. Kolom-kolom memindahkan beban dari lantai atas ke lantai yang lebih rendah sampai kepada tanah melalui fondasi. Karena kolom merupakan komponen tekan, maka keruntuhan pada satu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan *collapse* (runtuhnya) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh seluruh bagian strukturnya. Oleh karena itu dalam merencanakan kolom perlu lebih waspada dengan memberikan kekuatan cadangan yang lebih tinggi dibanding yang dilakukan pada balok dan elemen struktur horisontal lainnya. Hal ini karena keruntuhan tekan tidak memberikan tanda yang cukup jelas. Kekuatan kolom dievaluasi berdasarkan prinsip-prinsip dasar sebagai

berikut:

1. distribusi regangan *linier* seluruh beban kolom,
2. tidak terjadi slip material beton dengan tulangan baja (ini berarti regangan pada baja sama dengan regangan pada beton yang mengelilinginya),
3. regangan beton maksimum yang diijinkan dalam keadaan gagal (untuk perhitungan kekuatan) adalah 0,003,
4. kekuatan tarik beton diabaikan dan tidak digunakan dalam perhitungan.

Bentuk dan susunan tulangan pada kolom dapat dibagi menjadi tiga kategori yaitu:

1. kolom segiempat atau bujur sangkar dengan tulangan memanjang dan sengkang,
2. kolom bundar dengan tulangan memanjang dan tulangan lateral berupa sengkang atau spiral,
3. kolom komposit yang terdiri atas beton dan profil baja struktural di dalamnya.

Kolom bersengkang merupakan jenis yang paling banyak digunakan. Kolom segiempat maupun bundar dengan tulangan berbentuk spiral kadang-kadang digunakan juga terutama jika diperlukan daktilitas kolom cukup tinggi pada daerah-daerah gempa. Kemampuan kolom spiral untuk menahan beban maksimum pada deformasi besar mencegah terjadinya *collaps*. Keruntuhan pada kolom dapat terjadi akibat:

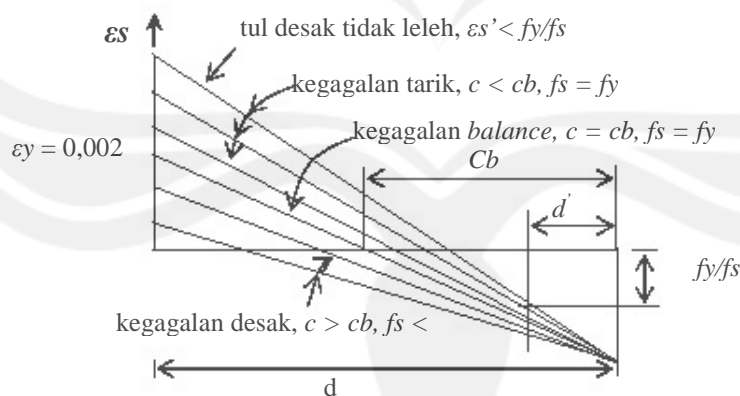
1. keruntuhan dari materialnya antara lain karena lelehnya tulangan pada zona tarik dan *crushing* (hancurnya) beton pada zona tekan,
2. kehilangan stabilitas struktur lateralnya (melalui tekuk).

Kolom yang gagal karena keruntuhan dari materialnya dikategorikan sebagai kolom pendek. Apabila panjang kolomnya meningkat kemungkinan kegagalan kolom dapat terjadi akibat tekuk. Transisi dari kolom pendek dan kolom langsing dinyatakan dalam rasio kelangsingan antara rasio panjang efektif  $kl_u$  terhadap jari-jari girasi  $r$ ,  $kl_u/r \leq 22$  diklasifikasikan sebagai kolom pendek dan  $kl_u/r \geq 22$  diklasifikasikan sebagai kolom langsing.

Berdasarkan besarnya regangan pada tulangan baja yang tertarik (gambar 2.2), penampang kolom dapat dibagi dua kondisi awal keruntuhan, yaitu:

1. keruntuhan tarik, yang diawali dengan lelehnya tulangan tarik
2. keruntuhan tekan, yang diawali dengan hancurnya beton yang tertekan.

Kondisi *balanced* terjadi apabila keruntuhan diawali dengan lelehnya tulangan yang tertarik sekaligus juga hancurnya beton yang tertekan (Nawy 1990).



Gambar 2.2. Diagram Regangan untuk Kegagalan Eksentrisitas Beban Kolom.  
(Sumber, Nawy, 1990)

Berdasarkan prinsip "*Capacity Design*" dimana kolom harus diberi cukup kekuatan, sehingga kolom-kolom tidak leleh lebih dahulu sebelum balok. Goyangan lateral memungkinkan terjadinya sendi plastis diujung-ujung kolom

akan mengakibatkan kerusakan berat, karena itu harus dihindarkan. Oleh sebab itu kolom-kolom selalu didesain 20% lebih kuat dari balok-balok dari suatu hubungan balok kolom (HBK). Kuat lentur kolom dihitung dari beban aksial terfaktor, konsisten dengan beban lateral, yang memberikan kuat lentur paling rendah (Rahmat Purwono, 2005).

### 2.7. Fondasi Tiang

Fondasi tiang digunakan untuk mendukung bangunan bila lapisan tanah kuat terletak sangat dalam, dapat juga digunakan untuk mendukung bangunan yang menahan gaya ke atas, terutama pada bangunan-bangunan tingkat tinggi yang dipengaruhi gaya-gaya penggulingan akibat angin. Fondasi tiang digunakan untuk beberapa maksud antara lain:

1. untuk meneruskan beban bangunan yang terletak diatas air atau tanah lunak, ketanah pendukung yang kuat,
2. untuk meneruskan beban ke tanah yang relatif lunak sampai kedalaman tertentu sehingga fondasi bangunan mampu memberikan dukungan yang cukup untuk mendukung beban tersebut oleh gesekan dinding tiang dengan tanah disekitarnya,
3. untuk mengangker bangunan yang dipengaruhi oleh gaya angkat ke atas akibat tekanan *hidrostatik* atau momen penggulingan,
4. untuk menahan gaya-gaya horisontal dan gaya yang arahnya miring,
5. untuk memadatkan tanah pasir, sehingga kapasitas dukung tanah tersebut bertambah,

6. untuk mendukung fondasi bangunan yang permukaan tanahnya mudah tergerus air.

Fondasi tiang dapat dibagi menjadi 3 kategori yaitu:

1. Tiang perpindahan besar (*large displacement pile*), yaitu tiang pejal atau berlubang dengan ujung tertutup yang dipancang ke dalam tanah sehingga terjadi perpindahan volume tanah yang relatif besar,
2. Tiang perpindahan kecil (*small displacement pile*) adalah sama seperti kategori tiang pertama hanya volume tanah yang dipindahkan relatif kecil,
3. Tiang tanpa perpindahan (*non displacement pile*) terdiri dari tiang yang dipasang di dalam tanah dengan cara menggali atau mengebor tanah.

Fondasi tiang merupakan fondasi dimana dibawah poer didukung beberapa tiang untuk menyalurkan pembebanan dari struktur yang berada di atasnya. Hal ini mempengaruhi kapasitas kelompok tiang. Kapasitas tiang tidak selalu sama dengan jumlah kapasitas tiang tunggal yang berada dalam kelompoknya. Stabilitas kelompok tiang-tiang tergantung dari dua hal, yaitu:

1. kemampuan tanah di sekitar dan di bawah kelompok tiang untuk mendukung beban total struktur,
2. pengaruh konsolidasi tanah yang terletak di bawah kelompok tiang.

Hitungan kapasitas tiang dapat dilakukan dengan dengan cara pendekatan *statis* dan *dinamis*. Hitungan dengan cara *statis* dilakukan menurut teori mekanika tanah yaitu dengan mempelajari sifat-sifat teknis tanah. Sedang hitungan dengan cara *dinamis* dilakukan dengan menganalisis kapasitas tiang yang didasarkan pada teori Mekanika Tanah, kadang-kadang masih diperlukan pengujian untuk

meyakinkan hasilnya.

Ditinjau dari cara mendukung beban, tiang dapat dibagi menjadi 2 macam.

1. Tiang dukung ujung (*end bearing pile*).
2. Tiang gesek (*friction pile*).

Tiang dukung ujung adalah tiang yang kapasitas dukungnya ditentukan oleh tahanan ujung tiang. Umumnya tiang dukung ujung berada dalam zona tanah yang lunak yang berada di atas tanah keras. Tiang gesek adalah tiang yang kapasitas dukungnya lebih ditentukan oleh perlawanan gesek antara dinding tiang dan tanah di sekitarnya.

